云 南 植 物 研 究 2008，30 (2)：129～138
Acta Botanica Yunnanica DOI: 10.3724/SP. J. 1143. 2008. 07145

高黎贡山北段东西坡种子植物区系的比较研究*

李　嵘，纪运恒，刀志灵，李　恒**
(中国科学院昆明植物研究所，云南 昆明 650204)

摘要：高黎贡山北段的东西坡由于在降雨量和热量分配等方面存在着显著的差异，致使东西坡在植物的种类、组成及区系特征等方面表现出明显的差异。东坡记载野生种子植物 152 科，580 属，1 475 种及 192 变种 (亚种)，西坡记载野生种子植物 162 科，659 属，1 804 种及 186 变种 (亚种)。东西坡种子植物科、属、种的对比分析表明：1) 东西坡现代种子植物区系具有相同的历史渊源，但其区系联系减弱了，东西坡区系相似性程度，依科、属、种的顺序依次递减；2) 西坡现代种子植物区系比东坡具有更为深刻的热带起源烙印。就科、属、种三个水平来说，东坡的热带成分低于西坡，温带成分高于西坡。许多典型的泛热带大科在西坡比东坡有着更为丰富的种类，其中有些泛热带科分子在东坡缺乏分布，而在西坡找到了合适的驻留之地；3) 西坡现代种子植物区系与东喜马拉雅植物区系的联系比东坡紧密，而东坡与高黎贡山以东的区系联系比西坡密切，由于高黎贡山山脉的阻隔，近代植物物种的东西坡交流发生了障碍；4) 西坡生态地理环境比东坡更有利于物种的生存、繁衍和分化，它既是古老成分的避难所，又是孕育新生成分的摇篮。

关键词：高黎贡山北段；东坡；西坡；种子植物；植物区系；比较
中图分类号：Q 948　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253 - 2700 (2008) 02 - 129 - 10

A Comparative Floristic Study on the Seed Plants of the East Side and the West Side of the Northern Gaoligong Mts . in Northwestern Yunnan, China

LI Rong，JI Yun-Heng，DAO Zhi-Ling，LI Heng**
(*Kunming Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650204，China)

Abstract: The differences in rainfall and temperature between the east and west sides of the northern Gaoligong Mts . leads to distinct differences in the plant diversity and floristic characteristics between the two sides . Recorded taxa on the east side include 1 475 native species and 192 varieties (or subspecies) belonging to 580 genera in 152 families and for the west side include 1 804 native species and 186 varieties (or subspecies) belonging to 659 genera in 162 families . Based on the statistics and analysis of families，genera，and species，a comparative floristic study on the seed plants for the east side and the west side of the northern Gaoligong Mts . was carried out . The results are as follows：1) The present flora on the east and west sides of the northern Gaoligong Mts . have the same floristic origins，but the relative contribution from these different sources has changed through time . The result is that the floristic similarity of families，genera，and species between the east side and the west side has decreased through time；2) The floristic characteristic of seed plants for the west side has become more greatly influenced by tropical floristic elements than has that of the east side，and the influence by the temperate floristic elements has become less influenced on the west side but greater on the east side；3) The flora of the west side is more closely linked with that of the eastern Himalayans than is the flora of the east side，and the flora of the east side

* 基金项目：美国国家自然科学基金 (National Sciences Foundation of USA，Award No .：DEB-0103795)；国家自然科学基金 (30670132)；云南省自然科学基金 (2007C093M)
** 通讯作者：Author for correspondence；E-mail：liheng@mail.kib.ac.cn
收稿日期：2007 - 07 - 13，2007 - 08 - 28 接受发表
作者简介：李嵘 (1975 -) 男，博士，主要从事植物分类与植物地理学研究。E-mail：lirong@mail.kib.ac.cn

is more closely linked with the other floras farther to the east. Owing to the obstruct of the Gaoligong Mts. ridge itself, it is seemingly difficult for the species interchange between the two sides of the northern Gaoligong Mts.; 4) The ecological-geographical environment has made it more conducive to species conservation and the speciation on the west side than on the east side, so the west side is not only a refuge for some ancient floristic elements but also as a cradle of some new species.

Key words: The northern Gaoligong Mountains; The east side; The west side; Seed plants; Flora; Comparison

高黎贡山北段位于云南省西北部，北面与西藏自治区察隅地区接壤，东面止于怒江西岸，西南至担当力卡山山脊与缅甸相邻，其地理位置位于北纬 27°30′～28°22.4′，东经 98°11.2′～98°47.5′，面积约为 3 155 km^2，主峰嘎瓦嘎博峰，海拔 5 128 m。由于山体纵贯和深受印度洋西南季风的影响，自然地理环境上显现出迎风（西坡）与背风（东坡）坡面的明显差异。西坡降水量远多于东坡，但西坡河谷地带的海拔较东坡为低，至使西坡的热量又高于东坡，正是降水与热量的相互叠加，再加上东西坡各自独特的地理环境为植物的生长发育提供了多样的生存空间，从而使东西坡的植物种类明显不同，植物区系的特征也表现出显著的差异。

1　自然地理概况

高黎贡山北段具有“双雨季”的特点，雨季长达 9 个月。该区域 2 月开始降水，4 月出现第一个降水高峰，称春汛期。第二个高峰在 6 月，正式进入夏季风汛期。西坡（独龙江）的年降水量（3 672.8 mm）远多于东坡（贡山）（1 667.6 mm），东坡一年之内出现两次降雨高峰期（4、6 月），而西坡独龙江流域一年之内甚至出现三次降水高峰（4、6、9 月），全年无干、湿季之分（图 1）（马友鑫，1996）。此外，西坡独龙江的最热月平均气温（22.2℃）、最冷月平均气温（9.1℃）、年均温（15.7℃）及≥10℃的积温（4 885.0℃）均显著高于东坡贡山（分别为 21.3℃、7.6℃、14.7℃、4 329.2℃）（张克映等，1992）。

高黎贡山北段因受地形因素的影响，其土壤类型表现出明显的垂直分布规律（员新华和吴幼仙，1998）：东坡怒江河谷海拔 1 800 m 以下，原生植被为半湿润常绿阔叶林，主要是红壤，成土母岩多为花岗岩、泥质岩类、坡积母质；西坡独龙江河谷 1 700 m 以下是黄壤，原生植被为湿润常绿阔叶林，成土母岩以花岗岩、混合岩居多，极少量石灰岩，母质多为坡积。黄棕壤分布于海拔 2 300 m 以下，植被以中山湿性常绿阔叶林为主，成土母岩以混合岩、花岗岩、片麻岩为主，多坡积母质。棕壤分布于海拔 2 300～2 700 m 间的针阔叶混交林下，成土母岩以花岗岩、片麻岩为主，多坡积母质。暗棕壤形成于海拔 2 700～3 100 m 的针叶林下，成土母岩以花岗岩、片麻岩、混合岩为主的坡积、残积母质。棕色暗针叶林土发育于海拔 3 100～3 700 m 的高山寒温带湿润地区的暗针叶林下，成土母岩为花岗岩、石英岩、片麻岩形成的坡积、残积母质。亚高山草甸土分布于海拔 3 700 m 以上的亚寒带灌丛草甸植被下，地表多为苔藓、地衣，成土母岩多为花岗岩、片麻岩、残积母质。

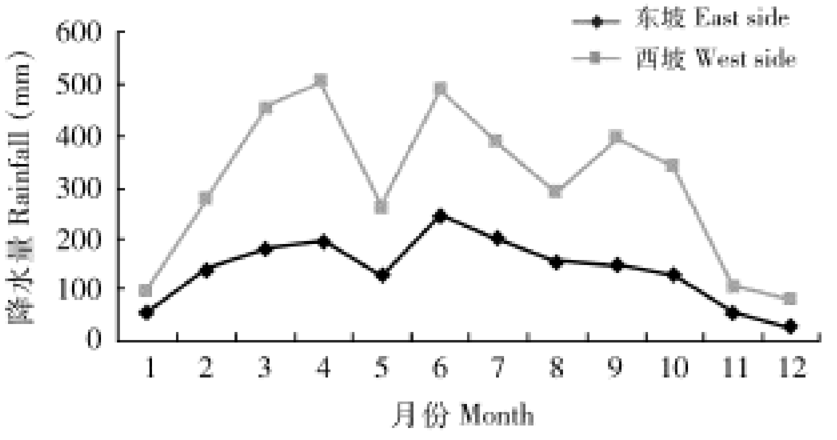

图 1　东西坡年降水量的季节分配

Fig. 1　Seasonal change of rainfall on the the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

高黎贡山北段西坡独龙江流域由于深受孟加拉湾西南季风的影响，降雨量丰富，空气湿润，展现在植被特征方面具有更加潮湿的特点；东坡（贡山）面处于背风坡，降水量相对减少，湿度明显下降，附生植物显著减少。已有资料表明：东坡（贡山）基带植被是从湿性常绿阔叶林开始（1 400～1 800 m），向上依次为中山湿性常绿阔叶林（1 900～2 600 m），铁杉针阔叶混交林（2 600～2 900 m），冷杉林（2 900～3 400 m），高山灌丛与草甸（3 400 m 以上）（刘伦辉等，2000）；西坡（独龙江）自下而上的植被带为中亚热带常绿阔

叶林（1 160～2 000 m），山地暖温带常绿阔叶林及落叶阔叶混交林（2 000～2 800 m），山地寒温带暗针叶林（冷杉林、云杉、杜鹃林）(2 800～4 000 m)，高山亚寒带灌丛草甸—高山草甸（4 000 m 以上）(李恒，1993)。

2　种子植物多样性的比较

迄今为止，高黎贡山北段记载野生种子植物共计 172 科，778 属，2 514 种及 302 变种（亚种），其中东坡记载野生种子植物 152 科，580 属，1 475 种及 192 变种（亚种），西坡记载野生种子植物 162 科，659 属，1 804 种及 186 变种（亚种）(表 1)，部分科属范畴的界定及划分，参阅了吴征镒等（2003）的观点。由表 1 可以看出，西坡种子植物丰富度高于东坡，东西坡种子植物科、属、种的配比分别约为 1∶3.8∶9.7，1∶4.1∶11.1，这种区系数量构成中“科少种多”的特点反映了西坡区系性质较东坡相对年青和新生（Szafer，1964)。

2.1　西坡种子植物的科数多于东坡

高黎贡山北段计有野生种子植物 172 科，其中东西坡共有 142 科，东坡分布有 152 科，西坡分布有 162 科。根据王荷生等（1992，1994，2000）计算不同地区或不同地理成分间的相似性参数来推算本区东西坡的相似性程度。其计算公式如下：

表 1　高黎贡山北段东西坡种子植物多样性比较

Table 1　Comparison of the diversity of seed plants from the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

	分类群 Taxa	东坡 East side	西坡 West side	高黎贡山北段 N GLGS
裸子植物 Gymnosperms	科数 FN	4	5	5
	属数 GN	9	11	11
	种数/变(亚)种数 SN/VN	9/6	11/8	11/8
双子叶植物 Dicotoledons	科数 FN	125	136	142
	属数 GN	431	500	581
	种数/变(亚)种数 SN/VN	1151/177	1397/170	1948/278
单子叶植物 Monocotyledons	科数 FN	23	21	25
	属数 GN	140	148	186
	种数/变(亚)种数 SN/VN	315/9	396/8	555/16
合计 Total	科数 FN	152	162	172
	属数 GN	580	659	778
	种数/变(亚)种数 SN/VN	1475/192	1804/186	2514/302

* FN：科数 Number of families；GN：属数 Number of genera；SN/VN：种数/变(亚)种数 Number of species/Number of variety

表 2　高黎贡山北段东西坡种子植物科的分布区类型比较

Table 2　Comparison on the distribution types of families of seed plants between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

科的分布区类型 Distribution types	东坡 East side		西坡 West side	
	科数 Number of families	占东坡全部科的比例（%） Percentage of total families in east side	科数 Number of families	占西坡全部科的比例（%） Percentage of total families in west side
1 世界广布 Cosmopolitan	29	—	29	—
2 泛热带分布 Pantropic	60	48.9	63	47.4
3 热带亚洲至热带美洲间断 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	3	2.4	5	3.8
4 旧世界热带分布 Old World Tropics	3	2.4	4	3.0
7 热带亚洲分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	2	1.6	3	2.3
8 北温带分布 North Temperate	35	28.5	35	26.3
9 东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	8	6.5	9	6.8
10 旧世界温带分布 Old World Temperate	2	1.6	3	2.3
14 东亚分布 E. Asia	9	7.3	10	7.5
15 中国特有分布 Endemic to China	1	0.8	1	0.8
合计 Total	152	100	162	100

注：凡是本区未出现的科的分布区类型，均未列入表中。

Note: All the distribution types of families without distributed in this area were not listed in the table

S = 2a / (b + c) × 100 (式中: S—相似性系数, a—对比两地的共有类群数, b, c—出现于一地的类群数, 都不包括世界广布类群)。由此可以得出在科级水平上, 东西坡的相似性为 88.3%。

根据李锡文 (1996) 和吴征镒等 (2003) 对科分布区类型的划分, 高黎贡山北段东西坡种子植物的科均可划分为 10 个类型 (表 2)。由表 2 可知, 本区域东坡计有各类热带科 68 科, 占当地全部科数的 55.3% (不计世界广布科, 下同), 各类温带科 55 科, 占当地全部科数的 44.7%, 东亚特有科 10 科, 占高黎贡山北段东亚特有科的 76.9% (表 3); 西坡计有各类热带科 75 科, 占当地全部科数的 56.4% (不计世界广布科, 下同), 各类温带科 58 科, 占当地全部科数的 43.6%, 东亚特有科 11 科, 占高黎贡山北段东亚特有科的 84.6% (表 3) (Wu and Wu, 1998)。在科级水平上, 东坡的热带成分略弱于西坡, 温带成分则略高于西坡。此外, 在科 (或东亚特有科) 的绝对数量上, 西坡明显多于东坡。

表 3 高黎贡山北段东西坡东亚特有科的比较

Table 3 Comparison on the endemic families of eastern Asia between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

科名 Scientific names	东坡 E side	西坡 W side
三尖杉科 Cephalotaxaceae	—	+
水青树科 Tetracentraceae	+	+
领春木科 Eupteleaceae	+	+
星叶草科 Circaeasteraceae	+	+
猕猴桃科 Actinidiaceae	+	+
旌节花科 Stachyuraceae	+	+
十萼花科 Dipentodontaceae	+	+
九子母科 Podoaceae	—	+
珙桐科 Davidiaceae	+	+
桃叶珊瑚科 Aucubaceae	+	—
青荚叶科 Helwingiaceae	+	+
四角果科 Carlemanniaceae	—	+
囊苞花科 Triplostegiaceae	+	—

注: "+" 表示该科在东坡 (西坡) 有分布, "—" 表示该科在东坡 (西坡) 无分布。

Note: "+" expresses the family distributed in the east (west) side, "—" expresses the family undistributed in the east (west) side

2.2 西坡种子植物的属数比东坡丰富

高黎贡山北段计有野生种子植物 778 属, 其中东西坡共有 461 属, 东坡分布有 580 属, 西坡分布有 659 属。由上述计算相似性的公式可以得出, 在属级水平上, 东西坡的相似性为 71.8%。

根据吴征镒等 (1991, 1993, 2006) 对属分布区类型的划分, 高黎贡山北段东西坡种子植物的属均可划分为 15 个类型和 2 个变型 (表 4)。由表 4 可知, 本区域东坡计有各类热带属 207 属,

表 4 高黎贡山北段东西坡种子植物属的分布区类型比较

Table 4 Comparison on the distribution types of genera of seed plants between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

分布区类型 Distribution types	东坡 East side		西坡 West side	
	属数 Number of genera	占东坡全部属的比例 (%) Percentage of total genera in east side	属数 Number of genera	占西坡全部属的比例 (%) Percentage of total genera in west side
1 世界广布 Cosmopolitan	52	—	48	—
2 泛热带分布 Pantropic	74	14.0	96	15.7
3 热带亚洲至热带美洲间断 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	9	1.9	11	1.8
4 旧世界热带分布 Old World Tropics	29	5.5	42	6.9
5 热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia & Trop. Australasia	16	3.0	23	3.8
6 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	23	4.4	29	4.7
7 热带亚洲分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	56	10.6	82	13.4
8 北温带分布 North Temperate	132	25	130	21.3
9 东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	39	7.4	38	62
10 旧世界温带分布 Old World Temperate	31	5.9	37	6.1
11 温带亚洲分布 Temp. Asia	8	1.5	7	1.1
12 地中海、西亚、中亚分布 Mediterranea, W. Asia to C. Asia	1	0.2	2	0.3
13 中亚分布 C. Asia	3	0.6	3	0.5
14 东亚分布 E. Asia	41	7.8	38	6.2
14-1 中国 - 喜马拉雅 Sino-Himalaya (SH)	47	8.9	56	9.2
14-2 中国 - 日本 Sino-Japan (SJ)	8	1.5	7	1.1
15 中国特有分布 Endemic to China	11	2.1	10	1.6
合计 Total	580	100	659	100

占当地全部属数的 39.2% (不计世界广布属，下同)，各类温带属 321 属，占当地全部属数的

表 5　高黎贡山北段东西坡中国特有属的比较

Table 5　Comparison on the Chinese endemic genera between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

属名 Scientific names	东坡 E side	西坡 W side
台湾杉属 *Taiwania*	+	+
拟单性木兰属 *Parakmeria*	+	—
伞花木属 *Eurycorymbus*	+	—
珙桐属 *Davidia*	+	+
梁王茶属 *Metapanax*	+	+
马蹄芹属 *Dickinsia*	—	+
舟瓣芹属 *Sinolimprichtia*	+	—
藏岩梅属 *Berneuxia*	+	+
紫菊属 *Notoseris*	—	+
合头菊属 *Syncalathium*	+	—
翅茎草属 *Pterygiella*	—	+
异叶苣苔属 *Whytochia*	—	+
南一笼鸡属 *Paragutzlaffia*	+	—
异黄精属 *Heteropolygonatum*	—	+
反唇兰属 *Smithorchis*	+	—
贡山竹属 *Gaoligongshania*	+	+

注:“ + ”表示该属在东坡 (西坡) 有分布,“ — ”表示该属在东坡 (西坡) 无分布。

Note:“ + ” expresses the family distributed in the east (west) side, “ — ” expresses the family undistributed in the east (west) side

60.8%，中国特有属 11 属，占高黎贡山北段中国特有属的 68.8% (表 5)；西坡计有各类热带属 283 属，占当地全部属数的 46.3% (不计世界广布属，下同)，各类温带属 328 属，占当地全部属数的 53.7%，中国特有属 10 属，占高黎贡山北段中国特有属的 62.5% (表 5) (吴征镒等，2005)。由此可以看出，在属级水平上：1) 东坡的热带成分略低于西坡，温带成分则略高于西坡；2) 东西坡的温带成分均高于热带成分，表明东西坡植物区系均以温带成分为主；3) 东西坡均含 15 个分布类型，北温带分布型、东亚分布型均为第一和第二大分布型，表明东西坡地理成分均较复杂，联系广泛，且北温带成分和东亚成分是该地植物区系的主要组成部分。

2.3　西坡种子植物的物种丰富度比东坡高

高黎贡山北段计有野生种子植物 2 514 种及 302 变种 (亚种)，其中东西坡共有 768 种及 75 变种 (亚种)，东坡分布有 1 475 种及 192 变种 (亚种)，西坡分布有 1 804 种及 186 变种 (亚种)。由上述计算相似性的公式可以得出，在种级水平上，东西坡的相似性为 46.3%。

表 6　高黎贡山北段东西坡种子植物种的分布区类型比较

Table 6　Comparison on the distribution types of species of seed plants between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains

分布区类型 Distribution types	东坡 East side		西坡 West side	
	种数(变种数/亚种数) Taxa	占东坡全部种的比例 (%) Percentage of total taxa in east side	种数(变种数/亚种数) Taxa	占西坡全部种的比例 (%) Percentage of total taxa in west side
1 世界广布 Cosmopolitan	16	—	17	—
2 泛热带分布 Pantropic	7	0.4	12	0.6
3 热带亚洲至热带美洲间断 Trop . Asia & Trop . Amer . disjuncted	1	0.06	3	0.2
4 旧世界热带分布 Old World Tropics	7	0.4	12	0.6
5 热亚至热带大洋洲分布 Trop . Asia & Trop . Australasia	11	0.7	22	1.1
6 热带亚洲至热带非洲分布 Trop . Asia to Trop . Africa	14	0.8	19	1.0
7 热带亚洲分布 Trop . Asia (Indo-Malesia)	243	14.7	368	18.7
8 北温带分布 North Temperate	17	1.0	31	1.6
9 东亚和北美间断分布 E . Asia & N . Amer . disjuncted	4	0.2	2	0.1
10 旧世界温带分布 Old World Temperate	28	1.7	20	1.0
11 温带亚洲分布 Temp . Asia	28	1.7	29	1.5
12 地中海、西亚、中亚分布 Mediterranea, W . Asia to C . Asia	9	0.5	9	0.5
13 中亚分布 C . Asia	5	0.3	5	0.3
14 东亚分布 E . Asia	31	1.9	24	1.2
14-1 中国—日本 Sino-Japan (SJ)	28	1.7	29	1.5
14-2 中国—喜马拉雅 Sino-Himalaya (SH)	521	31.6	586	29.7
15 中国特有分布 Endemic to China	514	31.1	540	27.4
15-1 云南特有分布 Endemic to Yunnan	123	7.5	138	7.0
15-2 高黎贡山特有分布 Endemic to GLGS	35	2.1	38	1.9
15-3 东西坡狭域特有分布 Endemic to local slope	25	1.5	86	4.4
合计 Total	1667	100	1990	100

根据种的现代地理分布格局，高黎贡山北段东西坡种子植物均可划分为 15 个类型和 5 个变型 (表 6)。由表 6 可知，本区域东坡计有各类热带种 283 种，占当地全部种数的 17.1% (不计世界广布种，下同)，各类温带种 1 368 种，占当地全部种数的 82.9%，东坡狭域特有种 25 种，其中草本类型 14 种，木本类型 11 种，二者之比为 1.3∶1；西坡计有各类热带种 436 种，占当地全部种数的 22.1% (不计世界广布种，下同)，各类温带种 1 537 种，占当地全部种数的 77.9%，西坡狭域特有种 86 种，其中草本类型 55 种，木本类型 31 种，二者之比为 1.8∶1。由此可以看出，种级的统计与属级的统计相类似：1) 东坡的热带成分低于西坡，温带成分则高于西坡；2) 东西坡的温带成分均远高于热带成分，表明东西坡植物区系更具有温带性；3) 东西坡均含 15 个分布类型，中国特有成分、东亚成分均为第一和第二大分布型，表明东西坡物种的地理成分均较复杂多样。此外，狭域特有种中，西坡草本类型所占比例较东坡为高，表明西坡自然地理环境在保存古老类群的同时，比东坡更加有利于新生类群的发生和分化。

3　种子植物区系特征的比较

3.1　东西坡现代种子植物区系具有相同的历史渊源，但其区系联系减弱了

不同地区科属水平的区系相似性反映了不同地区间植物区系的历史渊源，而种水平的区系相似性则反映了现代自然地理环境下的植物区系联系。东西坡植物区系的相似性程度，依科、属、种的水平依次递减 (图 2)，东西坡科属间的相似性系数达到 70% 以上，而种水平的区系相似性仅为 46.3%，表明东西坡种子植物区系的来源是共同的，而现代种子植物区系的联系减弱了。究其原因，一方面是因为科、属的形成时间较早，种的形成时间相对较晚，另一方面是因为东西坡之间存在着较大的生态环境差异，西坡的河谷海拔比东坡低，降雨量远比东坡丰富，加上东西坡本身的地质构造比较复杂，这就为它们各自与其周围地区的物种交流和渗透提供了多样的物种生存生态位，长此以往，东西坡物种差异越趋扩大，导致东西坡在种级水平上的相似性程度较低。此外，东西坡种子植物区系所含种数最多的前 5 个优势科均为兰科 (Orchidaceae)、菊科 (Compositae)、蔷薇科 (Rosaceae)、杜鹃花科 (Ericaceae) 和禾本科 (Gramineae)，然而，每个优势科下的属、种数目西坡较东坡为多，如兰科在东坡分布有 45 属 102 种，西坡分布有 50 属 141 种，菊科在东坡分布有 39 属 96 种，西坡分布有 45 属 107 种。同样，东西坡种子植物区系所含种数最多的前 10 个优势属也基本一致，为杜鹃属 (*Rhododendron*)、悬钩子属 (*Rubus*)、苔草属 (*Carex*)、马先蒿属 (*Pedicularis*)、龙胆属 (*Gentiana*)、报春花属 (*Primula*)、柳属 (*Salix*)、槭属 (*Acer*) 和花楸属 (*Sorbus*) 等，但其属下的种数西坡也比东坡丰富，如杜鹃属东西坡种数比为 52∶58，悬钩子属为 26∶30，苔草属为 25∶28，马先蒿属为 19∶24，龙胆属为 16∶22，报春花属为 15∶18，这更加反映了东西坡植物区系有着共同的发生历史，只是由于现代降水和热量分配的不均，致使西坡的生态环境更有利于属种的繁衍和分化。

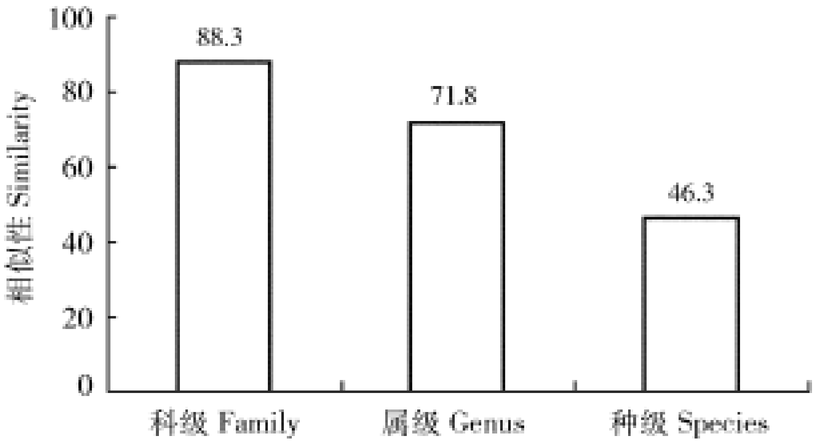

图 2　东西坡植物区系相似性比较 (科级、属级、种级)

Fig. 2　Floristic similarity between the east side and the west side (at level of family, genus and species)

3.2　西坡现代种子植物区系比东坡具有更为深刻的热带起源烙印

单独就东西坡来说，按科、属、种的顺序，其热带成分依次递减，温带成分依次递增 (图 3)，这一方面表明东西坡现代种子植物区系的温带性质，另一方面也表明东西坡植物区系与热带植物区系有较深远的历史渊源。就科、属、种三个水平来说，东坡的热带成分低于西坡，温带成分高于西坡 (图 3)，表明西坡与热带植物区系的亲缘关系更为密切，究其原因在于西坡河谷地

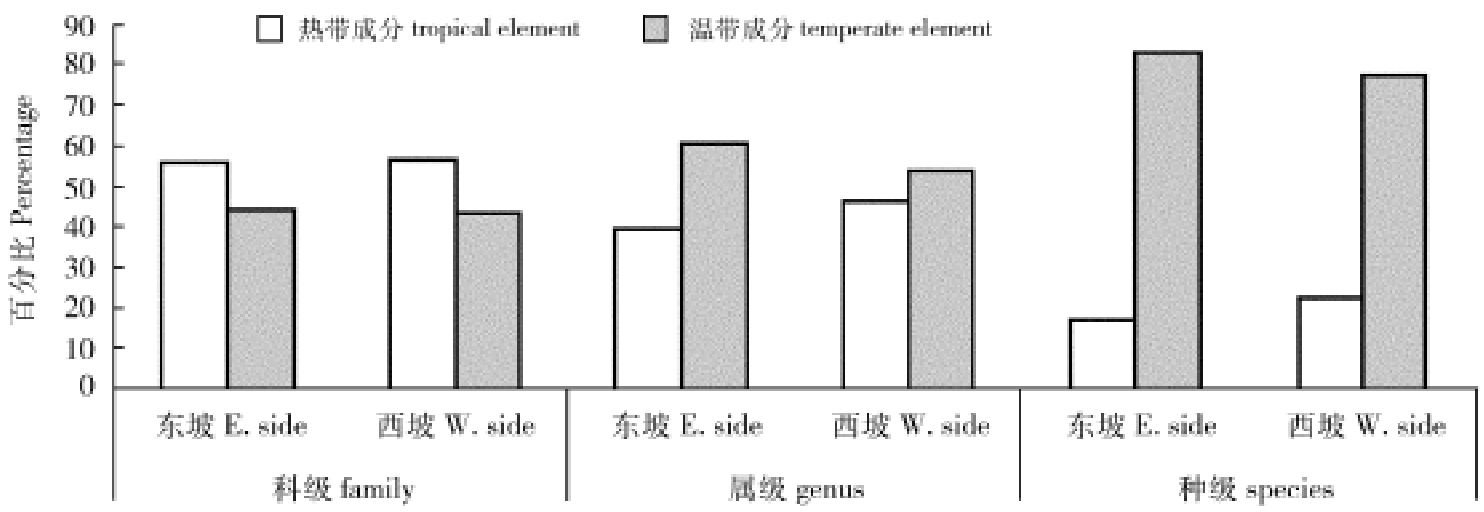

图 3　东西坡热带成分与温带成分的比较（科级、属级、种级）

Fig . 3　Comparison of tropical and temperate elements between the east side and the west side of the northern Gaoligong Mountains (at level of family, genus and species)

带海拔较低，雨量较为充沛，许多热带成分在河谷地带找到了更多的生存空间。此外，许多典型的泛热带科分子在东坡缺乏分布，而在西坡找到了合适的驻留之地，如金虎尾科（Malpighiaceae）的盾翅藤（*Aspidopteris glabriuscula*）产于西坡独龙江能铺拉、托乌当等河谷地带海拔 1 300～1 400 m 的灌木丛中，分布于云南的景东、金平、蒙自及广东、广西、海南和越南北部、菲律宾等地，为热带亚洲分布种，其在西坡独龙江的分布一方面是因为掸邦马来亚板块的位移（李恒等，1994，1999），另一方面则是该种能够沿着高黎贡山山脊两侧南北走向的河谷通道由南向北进行迁移，但因东坡河谷海拔较高，无法提供适合其生存的空间，仅在西坡残留下来；再如古柯科（Erythroxylaceae）的东方古柯（*Erythroxylum sinensis*）也为热带分子在西坡找到合适生存空间的典型印证。再有，许多典型的泛热带大科在西坡比东坡有着更为丰富的种类，除上述提到的兰科之外，类似例子还有茜草科 Rubiaceae（东西坡种数比为 25∶46，下同）、荨麻科 Urticaceae（30∶55）、樟科 Lauraceae（19∶37）、五加科 Araliaceae（24∶27）等，这为西坡植物区系较东坡更受热带植物区系的影响提供了佐证。西坡生态环境较东坡更适应热带成份生存的最直接范例莫过于滇东南至高黎贡山北段间断分布类型了，高黎贡山北段属此分布类型的种类共计 15 种，其中西坡有 12 种属此类型（其中 8 种仅在西坡有分布，东坡无分布），东坡有 7 种属此类型，沙巴酸脚杆（*Medinilla petelotii*）产于西坡独龙江河谷 1 300～1 400 m 的河边密林中树上，分布于云南的屏边、西畴、马关、麻栗坡及越南沙巴（图 4），拟白背叶鹅掌柴（*Schefflera hypoleucoides*）产于东坡海拔 2 300 m 的常绿阔叶林中，分布于云南的元江、绿春、蒙自、金平、屏边、文山（图 4），高黎贡山北段与滇东南之间有无量山、哀劳山及纵向江河的生态隔离障碍，李恒等（1994，1999）的研究认为此类分布格局的形成是板块位移的生物效应，即有些种类在掸马板块未发生位移之前，就已遍布亚洲热带及亚热带地区，之后由于板块的位移、纬度的变更、生态环境的变化，部分种类在滇中高原绝灭，仅在滇西北或滇东南（或其西南一侧）保留下来，最后形成今天的间断。尽管东西坡均有与滇东南间断分布的种类，但西坡种类较东坡多，充分表明西坡河谷生态环境更接近于滇东南的自然地理环境，提供了更多适应于热带成分生存和发展的空间。凡此例证，无不表明西坡现代种子植物区系比东坡具有更为深刻的热带起源烙印，与热带植物区系的亲缘关系更为密切。

3.3　西坡现代种子植物区系与东喜马拉雅植物区系的联系比东坡紧密，而东坡与高黎贡山以东的区系联系比西坡密切

植物区系地理学中种分布区类型的分析，可以直接确定一个具体植物区系的地带性和地理起源。从种的分布区类型来看，东西坡共有东喜马拉雅分布式样的种 849 种，其中西坡具有此分布类型的种 588 种，东坡具有此分布式样的种 543 种，西坡种类比东坡丰富，表明西坡现代种子植物区系与东喜马拉雅植物区系的联系比东坡紧密。

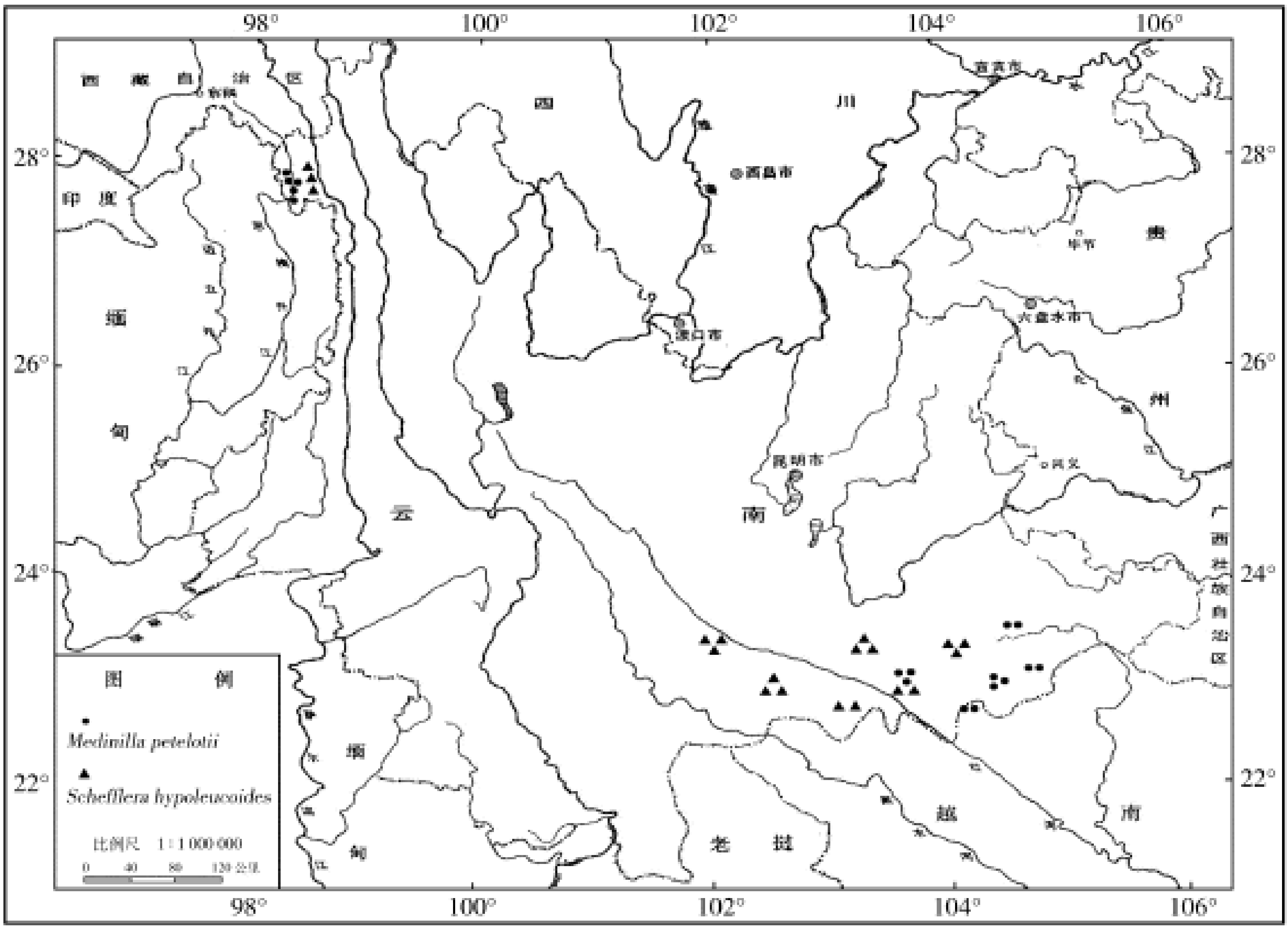

图 4　沙巴酸脚杆和拟白背叶鹅掌柴的地理分布

Fig . 4　Distribution of *Medinilla petelotii* and *Schefflera hypoleucoides*

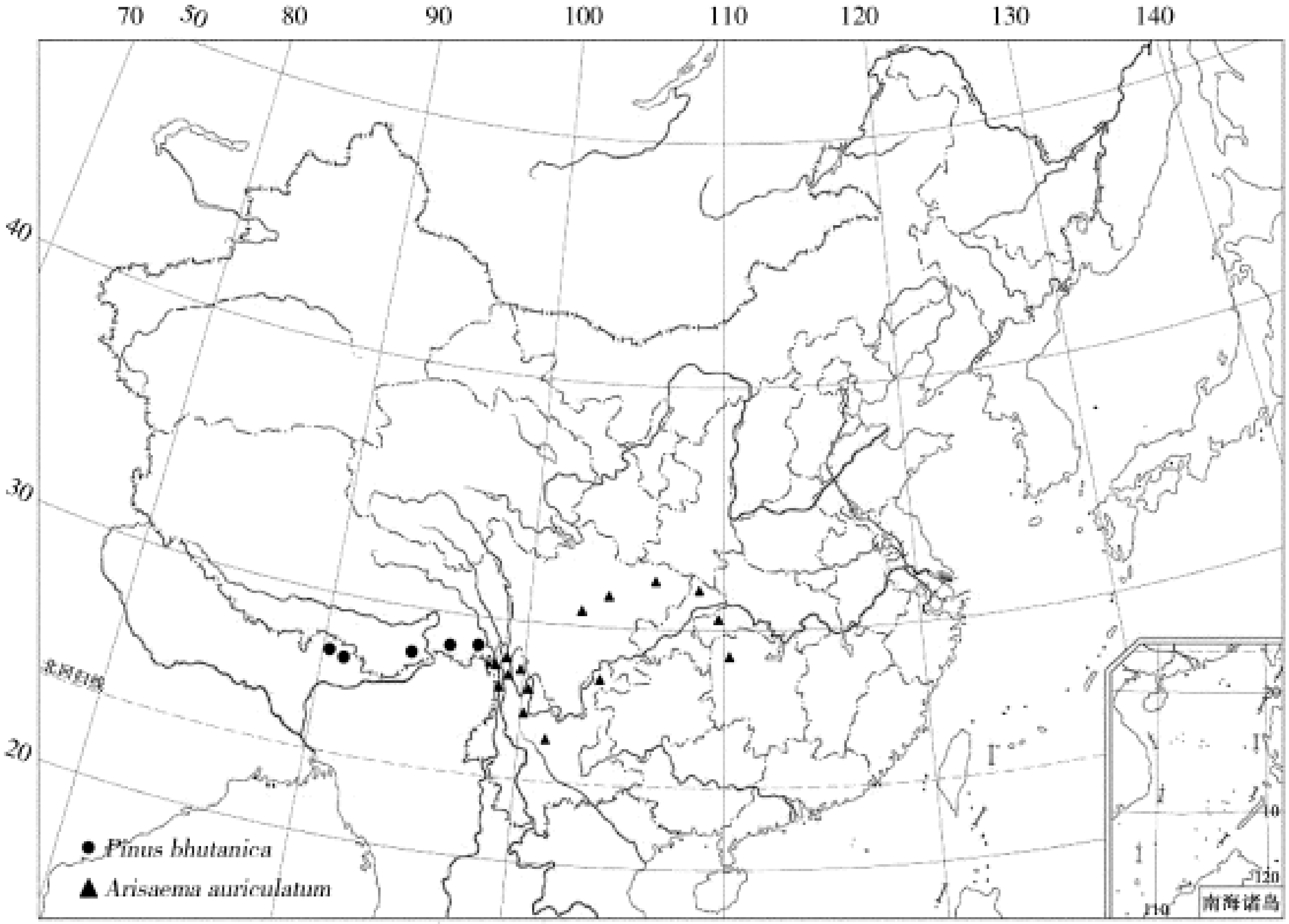

图 5　不丹松和长耳南星的地理分布

Fig . 5　Distribution of *Pinus bhutanica* and *Arisaema auriculatum*

其中有些种类从东喜马拉雅向东一直分布到高黎贡山北段西坡，最终由于山体的阻隔而无法分布到东坡，如不丹松（*Pinus bhutanica*）产于西坡独龙江海拔 1 600～2 700 m 的山坡针阔混交林中，沿喜马拉雅山麓分布于不丹、西藏东南部，高黎贡山北段西坡是其分布的南界和东界（图 5），由于西坡适应的生态环境，不丹松常成片分布，组成西坡山地湿性常绿针阔混交林的一个群系类型，而东坡的相应海拔段，则分布有秃杉（*Taiwania cryptomerioides*）组成的常绿林系。此外，东西坡共有高黎贡山以东分布式样的种 658 种，其中西坡具有此分布类型的种 383 种，东坡具有此分布式样的种 413 种，东坡种类比西坡丰富，表明东坡现代种子植物区系与高黎贡山以东的区系联系比西坡密切。与西坡类似，有些种类从华东（华中）一直分布到高黎贡山北段东坡，终归由于山体巨大，无法逾越，在东坡就停止了西进的脚步，如长耳南星（*Arisaema auriculatum*）产于东坡普拉河谷海拔 2 300 m 的杂木林中，分布于云南的福贡、德钦、中甸、维西、丽江、大理、鹤庆、彝良及四川峨眉山、重庆金佛山、城口、湖南桑植、湖北合丰，高黎贡山北段东坡是其分布的西界（图 5）。究其上述分布格局的形成原因，一方面是因为高黎贡山山脉的阻隔，使近代植物物种的东西坡交流发生困难，主要表现在山脉两侧河谷地带的热带或亚热带种系难以跨越山脉高海拔地段低温、寒化的生存环境，而只能在相对低的海拔段找到生存空间；另一方面则是因为地理位置上，高黎贡山北段西坡与东喜马拉雅地区，东坡与华东（华中）地区较为接近，而且相互间存在着物种得以交流和具相似生态环境的河谷和通道，这就为物种间的迁移提供了极大方便。

3.4　西坡生态地理环境比东坡更有利于物种的生存、繁衍和分化，它既是古老成分的避难所，又是孕育新生成分的摇篮

西坡的狭域特有种比东坡多，表明西坡生态地理环境比东坡更有利于物种的生存、繁衍和分化，这是因为西坡是一个相对封闭的自然生态系统，不但河谷地带海拔较低，而且处于印度洋西南季风的迎风坡，这就使其比东坡受惠更多的热量和降水量，正是降水与热量的相互叠加，使西坡为植物的生长发育提供了更加多样的生存空间，从而导致西坡狭域特有种比东坡多。此外，西坡狭域特有种中，除为适应生态环境异质性所产生的新生成分之外，如俅江紫堇（*Corydalis kiukiangensis*）、俅江龙胆（*Gentiana qiujiangensis*）、季川马先蒿（*Pedicularis yui*）等；许多成分来源于古老科属的残留或其变异，如独龙五叶参（*Pentapanax trifoliatus*）可能是热带亚洲成分五加科（Araliaceae）植物随着板块位移由南向北迁移过程中，在西坡独龙江河谷找到了其生存场所并保留下来；贡山鹅耳枥（*Carpinus viminea* var. *chiukiangensis*）可能是北温带成分榛科（Corylaceae）植物在冰期时由北向南大规模迁移过程中，在西坡独龙江河谷定居下来的种系，为适应当地的生态环境，发生了形态变异，分化成一变种，不论怎样，它始终来源于古老科属；贡山三尖杉（*Cephalotaxus lanceolata*）则有可能是系统演化上的古老科属三尖杉科（Cephalotaxaceae）的种系在西坡的残留。上述例证表明高黎贡山北段西坡既是古老成分的避难所，又是孕育新生成分的摇篮。

4　结论

高黎贡山北段的东西坡在降雨量、气温、日照、热量分配等方面存在的显著差异，造成东西坡呈现出多样的自然地理小环境。自然地理环境异质性的直接影响是使东西坡在植物的种类、组成、植被类型及区系特征等方面表现出明显的差异。归纳如下：

1）高黎贡山北段西坡的种子植物多样性比东坡丰富。

2）高黎贡山北段东西坡现代种子植物区系具有相同的历史渊源，但其区系联系减弱了。东西坡植物区系的相似性程度，依科、属、种的水平依次递减（图 2），东西坡植物区系所含种数最多的前 5 个优势科和前 10 个优势属基本一致。

3）高黎贡山北段西坡现代种子植物区系比东坡具有更为深刻的热带起源烙印。就科、属、种三个水平来说，东坡的热带成分低于西坡，温带成分高于西坡（图 3）。许多典型的泛热带大科在西坡比东坡有着更为丰富的种类，其中有些泛热带科分子在东坡缺乏分布，而在西坡找到了

合适的驻留之地。

4) 高黎贡山北段西坡现代种子植物区系与东喜马拉雅植物区系的联系比东坡紧密，而东坡与高黎贡山以东的区系联系比西坡密切。有些种类从东喜马拉雅向东一直分布到高黎贡山北段西坡或者从华东（华中）一直分布到高黎贡山北段东坡，但终因高黎贡山山脉的阻隔，使近代植物物种的东西坡交流发生障碍。

5) 高黎贡山北段西坡生态地理环境比东坡更有利于物种的生存、繁衍和分化，它既是古老成分的避难所，又是孕育新生成分的摇篮。西坡的狭域特有种比东坡多，特有种中，除为适应生态环境异质性所产生的新生成分之外，许多成分来源于古老科属的残留或其变异。

致谢　本论文是"中国云南西部热点地区——高黎贡山生物多样性研究"的一部分，多年的野外考察过程中，除本文作者外，中科院昆明植物所的王仲朗副研究员、伊廷双博士，西南林学院的薛嘉榕教授，美国加利福尼亚科学院（California Academy of Sciences, USA）的 Dr. Bruce Bartholomew、Dr. Peter Fritsch，美国密苏里植物园（Missouri Botanical Garden, USA）的 Dr. Nick Turland，英国爱丁堡皇家植物园（Royal Botanic Garden Edinburgh, UK）的 Dr. David Knott、Dr. Mark Watson、Mr. Philip Thomas 都付出了辛勤的劳动；怒江州高黎贡山自然保护局的马军局长、贡山县高黎贡山自然保护局的张石宝局长、和占文副局长、李向前先生、熊云先生等提供了支持与帮助；标本鉴定过程中，中科院昆明植物所的李锡文研究员、方瑞征研究员、陶德定高级工程师、周浙昆博士、彭华博士、孙航博士、杨世雄博士给予无私的帮助和指导。本论文也是第一作者博士学位论文的一部分，攻读学位期间，承蒙导师吴征镒院士的点拨与教诲。

〔参　考　文　献〕

马友鑫，1996．独龙江流域气候特征及其气候带划分［A］．见：何大明，李恒编，独龙江和独龙族综合研究［M］．昆明：云南科技出版社，25—32

王荷生，1992．植物区系地理［M］．北京：科学出版社，4—17

李恒，1993．独龙江地区植物［M］．昆明：云南科技出版社，前言

刘伦辉，刀志灵，郭辉军等，2000．高黎贡山的植被［A］．见：李恒，郭辉军，刀志灵主编，高黎贡山植物［M］．北京：科学出版社，6—48

吴征镒，路安民，汤彦承等，2003．中国被子植物科属综论［M］．北京：科学出版社，57—1071

吴征镒，周浙昆，孙航等，2006．种子植物分布区类型及其起源和分化［M］．昆明：云南科技出版社，146—451

员新华，吴幼仙，1998．自然环境及社会经济概况（土壤）［A］．见：徐志辉主编，怒江自然保护区［M］．昆明：云南美术出版社，29—42

郭辉军，2000．高黎贡山植物区系的环境背景［A］．见：李恒，郭辉军，刀志灵主编，高黎贡山植物［M］．北京：科学出版社，1—5

Chaplin G, 2005. Physical geography of the Gaoligong Shan area of southwest China in relation to biodiversity [J]. *Proc Calif Acad Sci*, **56**: 527—556

Li H (李恒), 1994. The biological effect to the flora of Dulongjiang caused by the movement of Burma-Malaya geoblock [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **Suppl. 6**: 113—120

Li H (李恒), He DM (何大明), Bartholomew B *et al*., 1999. Re-examination of the biological effect of plate movement—impact of Shan-Malay plate displacement (the movment of Burma-Malaya geoblock) on the biota of the Gaoligong Mountains [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **21** (4): 407—425

Li XW (李锡文), 1996. Floristic statistics and analyses of seed plants from China [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **18** (4): 363—384

Szafer W, 1964. General Plant Geography [M]. Warszawa: PWN-Polish Scientific Publishers

Wang HS (王荷生), 2000. The nature of Chinese flora and the relationships between its different element [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **22** (2): 119—126

Wang HS (王荷生), Zhang YL (张镱锂), 1994. The biodiversity and characters of spermatophytic genera endemic to China [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **16** (3): 209—220

Wu ZY (吴征镒), 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **Suppl. 4**: 1—139

Wu ZY (吴征镒), 1993. Addenda et corrigenda ad typi arealorum generorum spermatophytorum sinicarum [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **Suppl. 4**: 141—178

Wu ZY (吴征镒), Sun H (孙航), Zhou ZK (周浙昆) *et al*., 2005. Origin and differentiation of endemism in the flora of China [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **27** (6): 577—604

Wu ZY (吴征镒), Zhou ZK (周浙昆), Li DZ (李德铢) *et al*., 2003. The areal-types of the world families of seed plants [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), **25** (3): 245—257

Wu ZY, Wu SG, 1998. A Proposal For a New Floristic Kingdom (realm) -the E. Asiatic Kingdom, Its Delineation and Characteristics [A]. In: Zhang AL, Wu SG, ed. Floristic Characteristics and Diversity of East Asian Plants [M]. Beijing: Higher Education Press + Berlin: Springer-Verlag, 3—42

Zhang KY (张克映), Ma YX (马友鑫), Li YR (李佑荣) *et al*., 1992. Climatic characteristics of rainfall and humidity in the Dulongjiang river watershed and its neighborhood [J]. *Yunnan Geograph Environ Res* (云南地理环境研究), **4** (1): 77—85